

Variaciones interanuales en las capturas de tiburones pelágicos en el Mar de Alborán, ¿dependen de las Oscilaciones Atmosféricas?

Interannual Variations in Catches of Sharks in Alborán Sea, Do they Depend on Atmospheric Oscillations?

E. Ceballos, J.C. Báez, M^a. J. Meléndez, P. Muñoz & D. Macías

Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Málaga, Puerto Pesquero s/n, ES-29640, Fuengirola, E-mail: elvira.ceballos@ma.ieo.es

Abstract: Pelagic migrating sharks are by-caught incidentally in longline fisheries. Some of these species have been catalogued as threatened or vulnerable by several Regional Fisheries Organizations and International Conservational NGOs. Alboran Sea is an important area for pelagic migrating sharks because it is the natural and unique communication way between the Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. This area is considered by several authors as a hot-spot of Climate Oscillation, such as the North Atlantic Oscillation (NAO) and the Arctic Oscillation (AO). In addition, Alboran Sea is an important fishing ground where the longline fisheries targeting swordfish operates. Recent studies concluded that historical landing of pelagic sharks from harbours of Alboran Sea and Balearic Sea were mediated for atmospheric oscillations. The main aim of the present study was to assess the effect of atmospheric oscillation on the Catch per Unit Effort (CPUE) of vulnerable sharks thresher shark, *Alopias vulpinus* (Bonnaterre, 1788) and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) by-caught in the traditional longline fisheries. The atmospheric oscillations tested in this study were the North Atlantic Oscillation (NAO) and the Arctic Oscillation (AO). We found a significant positive correlation between the NAO and AO indexes of the previous year to the CPUE tested.

Key words: Climate Oscillation, Migratory species, Mediterranean Sea, Sharks.

1. INTRODUCCIÓN

Los elasmobranquios son especies particularmente vulnerables a la mortalidad no natural debido a sus características biológicas. Estas especies presentan un crecimiento lento, tardan en alcanzar la madurez sexual y tienen una baja tasa de reproducción. Junto con estas características de su ciclo de vida, sus hábitos alimenticios, compleja estructura poblacional y naturaleza altamente migratoria hacen que las poblaciones de estas especies presenten un bajo potencial de recuperación comparado con la mayoría de las especies de teleósteos (Musick, 1999; Myers & Worm, 2005; Stevens *et al.*, 2000). La mortalidad por pesca es la mayor fuente de mortalidad no natural que afecta a las poblaciones de tiburones. Se ha constatado que varias especies de elasmobranquios están experimentando declives poblacionales drásticos en toda su área de distribución (Baum *et al.*, 2003; Dulvy *et al.*, 2008). Un aspecto de importancia es el papel que como predadores apicales juegan en el ecosistema marino y los efectos que el declive de sus poblaciones podría causar sobre dicho ecosistema (Hall *et al.*, 2000; Megalofonou *et al.*, 2005a).

La conservación y gestión de la biodiversidad de los océanos es especialmente complicada ya que, al encontrarse lejos de tierra, es difícil evaluar las consecuencias de las actividades humanas sobre las especies. El área de distribución de los tiburones pelágicos suele extenderse fuera de las Zonas de Exclusividad Económica de los diferentes países por lo que la evaluación de sus *stocks* ha de realizarse en el marco de convenios internacionales.

Los tiburones pelágicos constituyen una parte significativa de las capturas accesorias de las flotas de palangre. Los porcentajes de captura varían en la zona desde el 3,8% (Megalofonou *et al.*, 2005a) a cerca del 1% (Macías *et al.*, 2004). Según Megalofonou *et al.* (2005b), las especies más abundantes en las capturas de dicha flota son la tintorera: *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758); seguida del marrajo común: *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) y el pez zorro de ojo pequeño: *Alopias vulpinus* (Bonnaterre, 1788). De estas especies *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* han sido catalogadas como vulnerables por la UICN, mientras que *P. glauca* se encuentra en la categoría de casi amenazado (ver www.redlist.org).

El mar Mediterráneo se encuentra bajo la influencia de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés *North Atlantic Oscillation*) y de la Oscilación Ártica (AO, por sus siglas en inglés, *Arctic Oscillation*). Ambas oscilaciones atmosféricas tienen una gran influencia sobre las condiciones climáticas en el Mediterráneo y el Margen Ibérico Atlántico (Hurrell, 1995; Thompson & Wallace, 1998; Ambaum, 2001; Visbeck *et al.*, 2001; Christiansen, 2007). La NAO hace referencia a la diferencia de presiones atmosféricas entre las bajas presiones de Islandia y las altas presiones de las Azores. La AO hace referencia a la intensidad del vórtice polar. Existe un fuerte debate sobre la identidad física de la AO, discutiéndose en la actualidad si es un reflejo de la NAO o si ambas oscilaciones son dos efectos de una misma causa común en la troposfera (por ejemplo en Christiansen, 2007; Báez *et al.* 2013a). Ambos fenómenos, responsables de las condiciones climatológicas del Atlántico norte (Vicente-Serrano & Trigo, 2011), podrían afectar a las especies de grandes pelágicos migratorios (Báez *et al.*, 2013b).

Báez (2015) analizó el efecto de las oscilaciones atmosféricas anteriormente descritas sobre las descargas de la tintorera, el marrajo y el tiburón zorro del Mediterráneo Español. La principal conclusión de este trabajo es que la abundancia local de estas especies en el Mediterráneo podría estar mediada por las oscilaciones climáticas. Sin embargo, este trabajo es limitado, como reconoce el propio autor, ya que el empleo de las descargas implica diferentes pesquerías y factores técnicos no controlados que podrían introducir sesgos en las observaciones.

El objetivo del presente estudio es testar, mediante el uso las Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) observado en palangre de superficie tradicional dirigido al pez espada, el efecto de las oscilaciones climáticas sobre la abundancia local del marrajo y del tiburón zorro. Los resultados del presente estudio podrían mejorar el conocimiento sobre la respuesta de estos tiburones altamente migratorios a los fenómenos climáticos de gran escala favoreciendo la consideración de estos efectos en las políticas de conservación.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

Se han elegido dos áreas de estudio: mar de Alborán y área levantino-balear.

El mar de Alborán representa el margen más occidental del mar Mediterráneo, y es un punto importante para la migración de los grandes pelágicos por ser la conexión entre el Mediterráneo y el Océano Atlántico. Esta zona está poco explotada por la flota de palangre (Báez *et al.*, 2009). Para la localización de

los lances, en este trabajo se consideró mar de Alborán en un sentido amplio desde las coordenadas comprendidas entre los 5 grados oeste y el meridiano de Greenwich en longitud.

El área levantino-balear es una importante zona de pesca para la flota de palangre del Mediterráneo español (García-Barcelona *et al.*, 2010). Los lances considerados del área levantino-balear, en un sentido amplio, se encuentran entre el meridiano de Greenwich y los cinco grados este de longitud. En cuanto a latitud, entre el continente africano y los 40 grados norte.

2.2 Origen de los datos

La flota de palangre del Mediterráneo utiliza 6 tipos diferentes de aparejos: el palangre de superficie tradicional, el palangre americano, el palangre de fondo, el palangre semi-pelágico, el palangre japonés y el palangre dirigido al atún blanco. En este trabajo nos centramos en el palangre de superficie tradicional, que va dirigido al pez espada y faena a lo largo de todo el año (García-Barcelona *et al.*, 2010). Además, es el único palangre del que se tienen datos de esfuerzo observado para todos los años estudiados.

La flota de palangre de superficie consiste en aproximadamente 80 barcos, el 80% de los cuales tienen puerto en la provincia de Almería. Tienen entre 12 y 27 metros de eslora, y las mareas son de corta duración, de uno a seis días. Hay disponible una descripción exhaustiva de los artes y de la pesquería en Camiñas *et al.* (2006), García-Barcelona *et al.* (2010) and Báez *et al.* (2013b).

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) tiene un programa de observadores a bordo de la flota de palangre del Mediterráneo. Este programa proporciona datos observados de esfuerzo y captura. La serie histórica incluye los años comprendidos entre 1999 y 2013.

La CPUE fue expresada como número de individuos (en peso o número) capturados por cada 1000 anzuelos. A partir de las series históricas de datos observados del Programa de Observadores a Bordo del IEO se calcularon, para cada año, los rendimientos en peso (CPUEw) y en número (CPUEn) tanto de *A. vulpinus* como de *I. oxyrinchus*, para el mar de Alborán y para el área levantino-balear. Esta base de datos se comparó con la realizada por Báez (2015) a partir de los datos de descargas registradas de tintorera, marrajo y zorro.

Y por último, se tomaron los datos de los índices de la NAO y de la AO, del sitio web de la Agencia NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration): <http://www.cpc.noaa.gov/>, con los se calcularon los índices anuales utilizados para el análisis estadístico.

Debido a la fuerte variabilidad interanual e intraanual que presentan las oscilaciones atmosféricas, con un patrón muy acusado en invierno (Hurrell, 1995), además de los índices NAO/AO se emplearon la NAO y AO correspondientes al año anterior (NAOpy, y AOpy) a la variable que se está testando, los invernales (NAOw y AOW) (considerados entre noviembre y marzo), y los correspondientes al invierno anterior (NAOWpy, y AOWpy) (considerados de noviembre a diciembre).

2.3 Análisis estadístico

El primer análisis realizado fue la comprobación de la normalidad de las distribuciones. Debido al pequeño número de individuos capturados a pesar del gran esfuerzo pesquero, su distribución no es normal, lo cual es una característica habitual de este tipo de variables (ver por ejemplo Ward *et al.*, 2004; Minami *et al.*, 2007). Por lo tanto, se realizó una correlación no paramétrica de Spearman (Zuur *et al.*, 2007) entre las variables de rendimiento medidas como CPUE en número y peso de *A. vulpinus* e *I. oxyrinchus* con las descargas de *P. glauca*, *A. vulpinus* e *I. oxyrinchus* y los índices de oscilaciones atmosféricas propuestos anteriormente.

3. RESULTADOS

Las operaciones de pesca incluyen el análisis de un total de 3 117 301 anzuelos en el área levantino-balear y de 1 131 200 anzuelos en el mar de Alborán. Se han contabilizado 17 zorros y 46 marrajos en el área levantino-balear y 31 zorros y 137 marrajos en el mar de Alborán en el conjunto de los años estudiados.

Las CPUEs medias obtenidas se muestran en la tabla I.

Tabla I. CPUEs medias. CPUE_n: rendimiento en número de individuos; CPUE_w: rendimiento en peso.

	<i>A. vulpinus</i>	<i>I. oxyrinchus</i>
Mar Alborán		
CPUE _n	0.66	0.16
CPUE _w	3.15	1.84
Área levantino-balear		
CPUE _n	0.05	0.12
CPUE _w	1.29	0.13

Tras analizar la correlación de Spearman se observó una correlación significativa entre los índices NAOpy y AOpy y las capturas observadas de *I. oxyrinchus* en el mar de Alborán, así como entre las descargas de *P. glauca* e *I. oxyrinchus* y *A. vulpinus* capturado en el área levantino-balear (tabla II).

En el mar de Alborán se observó una correlación positiva entre la CPUE_n del marrajo y la NAOpy y la

AOpy. Además, se encontró una correlación positiva entre la CPUE_w del marrajo y la AOpy.

Tabla II. Resultados significativos de los parámetros estadísticos obtenidos mediante la correlación no paramétrica de Spearman para los registros analizados. Clave: *P< 0.05; **P<0.01; NAOpy, Oscilación del Atlántico Norte media del año anterior al de la variable con la que se compara; AOpy, Oscilación Ártica media del año anterior al de la variable con la que se compara; IOOobsalbn, capturas de marrajo por unidad de esfuerzo observado en el mar de Alborán en número de individuos; IOOobsalbw, capturas de marrajo por unidad de esfuerzo observado en el mar de Alborán en peso; AVOobsalbn, capturas de tiburón zorro observado en el área levantino-balear en número de individuos; IOOdesbal, descarga de marrajo en el área levantino-balear.

Variables correlacionadas	Rho de Spearman
NAOpy - IOOobsalbn	0.521*
AOpy-IOOobsalbn	0.56*
AOpy-IOOobsalbw	0.64**
IOOdesbal-AVOobsalbn	-0.691*

Por otro lado, se observó una correlación negativa entre los desembarcos de marrajo y las observaciones de tiburón zorro en número de individuos en el área levantino-balear.

4. DISCUSIÓN

Nuestros resultados coinciden parcialmente con Báez (2015) quien observó una correlación positiva entre las abundancias de marrajo con la AOpy en el área levantino-balear. El presente trabajo pone de manifiesto esta correlación positiva, tanto en peso como en número, pero en el mar de Alborán. El marrajo es un tiburón pelágico altamente migratorio que podría ver favorecida su migración por la dominancia de vientos de componente oeste potenciados por la AO en fase positiva (Hurrell, 1995; Visbeck *et al.*, 2011): la componente oeste de estos vientos además de incrementar la fuerza de las corrientes superficiales podría reducir los costes energéticos de la migración. Además estos vientos aumentan localmente la cantidad de nutrientes en superficie, al mezclar las capas de aguas profundas y superficiales en zonas como el estrecho de Gibraltar (Báez *et al.*, 2013c). Esta hipótesis podría extenderse a otros grandes tiburones pelágicos que realizan migraciones a través del estrecho de Gibraltar.

Las correlaciones encontradas en este trabajo se producen entre los rendimientos pesqueros y los índices de las oscilaciones climáticas del año anterior. Este hecho pone de manifiesto la existencia de un desfase temporal entre las condiciones climáticas y su influencia sobre la biología de las especies.

Báez (2015) encontró una correlación positiva entre las descargas de zorro en el mar de Alborán, a diferencia de nuestros resultados que no muestran tal correlación. Sin embargo, sí encontramos una

correlación negativa entre las abundancias de ambas especies en el área levantino-balear.

Agradecimientos

Este trabajo es parte del Programa de Observadores a Bordo de la flota de palangre del Mediterráneo, financiado por el Instituto Español de Oceanografía (MINECO). Agradecemos a los observadores el trabajo de campo realizado para poder realizar este estudio.

REFERENCIAS

- Ambaum, M.H.P., Hoskins, B.J. & Stephenson, D.B. (2001). Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation? *Journal of Climate*, 14, 3495–3507.
- Baez, J.C. (2015). Assessing the influence of the atmospheric oscillations on pelagic and highly migratory sharks bycatches from Spanish Mediterranean Sea, a meta-analytic approach. *Anales de Biología*, 37, 31-38.
- Báez, J.C., Real, R., Camiñas, J.A., Torreblanca, D. & Garcia-Soto, C. (2009). Analysis of swordfish catches and bycatches in artisanal longline fisheries in the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea) during the summer season. *Marine Biodiversity Records* doi: 10.1017/S1755267209990856.
- Báez, J.C., Gimeno, L., Gómez-Gesteira, M., Ferri-Yáñez, F. & Real, R. (2013a). Combined effects of the Arctic Oscillation and the North Atlantic Oscillation on Sea Surface Temperature in the Alborán Sea. *PlosOne*, 8(4), e62201.
- Báez, J.C., Macías, D., Camiñas, J.A., Ortiz de Urbina, J.M., García-Barcelona, S., Bellido, J.J. & Real, R. (2013b). Bycatch frequency and size differentiation in loggerhead turtles as a function of surface longline gear type in the western Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 93, 1423-1427.
- Báez, J.C., Macías, D., de Castro, M., Gómez-Gesteira, M., Gimeno, L. & Real, R. (2013c). Analysis of the effect of atmospheric oscillations on physical condition of pre-reproductive bluefin tuna from the Strait of Gibraltar. *Animal Biodiversity and Conservation*, 36, 225-233.
- Baum, J.K., Myers, R.A., Kehler, D.G., Worm, B., Harley, S.J. & Doherty, P.A. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science*, 299, 389–392.
- Camiñas, J.A., Báez, J.C., Valeiras, J. & Real, R. (2006). Differential loggerhead bycatch and direct mortality in surface longline according to boat strata gear type. *Scientia Marina*, 70, 661-665.
- Christiansen, B. (2007). The North Atlantic Oscillation or the Arctic Oscillation? Volcanic eruptions as Nature's own experiments. *Geophysical Research Abstracts*, 9, 1607–7962/gra/EGU2007-A-06601.
- Dulvy, N.J., Baum, J.K., Clarke, S., Compagno, L.J.V., Cortés, E., Domingo, A., Fordham, S., Fowler, S., Francis, M.P., Gibson, C., Martínez, J., Musick, J.A., Soldo, A., Stevens, J.D., & Valenti, S. (2008). You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 482, 459–482.
- García-Barcelona, S., Ortiz de Urbina, J.M., de la Serna, J.M., Alot, E. & Macías, D. (2010). Seabird bycatch in Spanish Mediterranean large pelagic longline fisheries, 2000-2008. *Aquatic Living Resources*, 23, 363-371.
- Hall, M.A., Alverson D.L. & Metuzals, K.I. (2000). By-Catch: Problems and Solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 41, 204-219.
- Hurrell, J.W. (1995). Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679.
- Macías, D., Gómez-Vives, M.J. & de la Serna, J.M. (2004). Desembarcos de especies asociadas a la pesquería de palangre de superficie dirigido al pez espada (*Xiphias gladius*) en el mediterráneo durante 2001 y 2002. *Colective Volume Scientific Papers ICCAT*. 56 (3): 981-986.
- Megalofonou, P., Damalas, D. & Yannopoulus, C. (2005a). Composition and abundance of pelagic shark by-catch in the eastern Mediterranean Sea. *Cybiurn*, 29, 135-140.
- Megalofonou, P., Yannopoulus, C., Damalas, D., De Metrio, G., Deflorio, M., de las Serna, J.M. & Macías, D. (2005b). Incidental catch and discards of pelagic sharks from the swordfish and tuna fisheries in the Mediterranean Sea. *Fisheries Bulletin*, 103, 620-634.
- Minami, M., Lennert-Cody, C.E., Gao, W. & Román-Veredesoto, M. (2007). Modeling shark by-catch: the zero-inflated negative binomial regression model with smoothing. *Fisheries Research*, 84, 210-221.
- Musick, J.A. (1999). Ecology and conservation of long-lived marine animals. *American Fisheries Society Symposium*, 23, 1-10.
- Myers, R.A. & Worm, B. (2005). Extinction, survival, or recovery of large predatory fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360, 13–20.
- Stevens, J.D., Bonfil, R., Dulvy, N.K. & Walker, P.A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Sciences*, 57, 476–494.
- Thompson, D.W.J., Wallace, J.W. (1998). The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 25, 1297–1300.
- Vicente-Serrano, S.M. & Trigo, R.M. (2011). *Hydrological, Socioeconomic and Ecological impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region*. Advances in Global Change Research. Springer, London.
- Visbeck, M.H., Hurrell, J.W., Polvani, L., Cullen, H.M. (2001). The North Atlantic Oscillation: Past, present, and future. *Proceedings of the National Academy of Science*, 98, 12876–12877.
- Ward, P., Myers, R.A. & Blanchard, W. (2004). Fish lost at sea: the effect of soak time on pelagic longline catches. *Fishery Bulletin*, 102, 179-195.
- Zuur, A., Ieno, E. & Smith, G.M. (2007). *Analyzing ecological data*. Springer. London, 672 pp.